

Série n° 2

Exercice I : Une source S ponctuelle monochromatique, de longueur d'onde λ , éclaire une plaque (P) opaque percée de deux trous fins S_1 et S_2 distants de $2a$ qui se comportent comme deux sources cohérentes (voir figure ci-dessous). On observe les franges sur un écran plan (E) parallèle à (P). La distance de S à (P) est d , et la distance de (P) à (E) est D ($d \gg 2a$ et $D \gg 2a$).

L'écran (E), normal à l'axe Oz , est supporté aux deux axes perpendiculaires Ox et Oy , où Ox est parallèle à S_1S_2 et O est le point de l'écran situé sur la médiatrice de S_1S_2 .

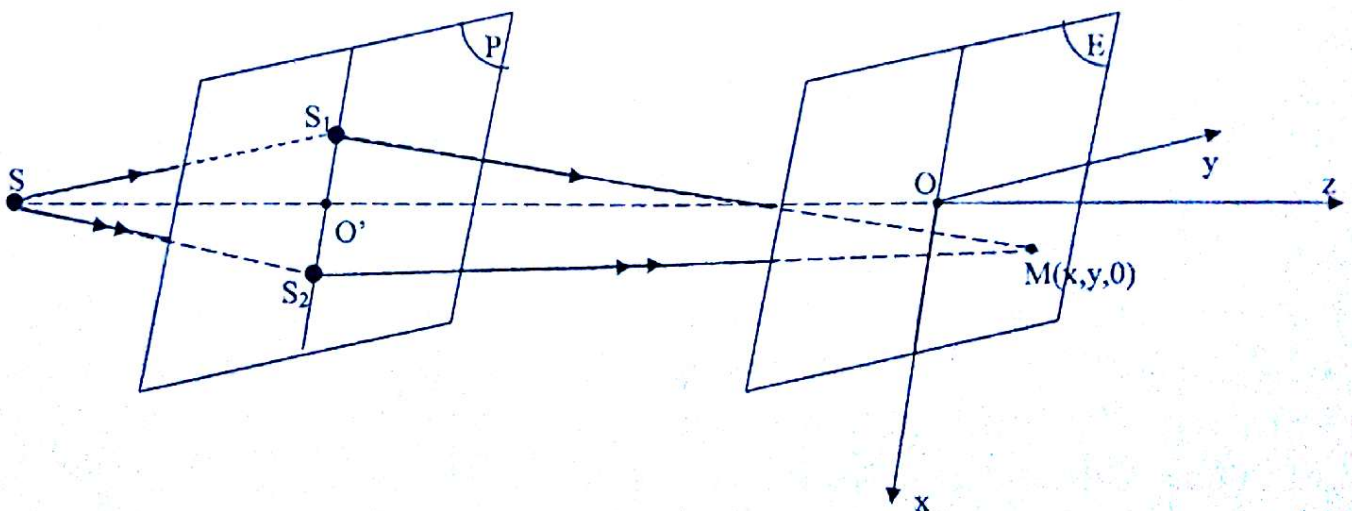
1- Calculer la différence de marche $\delta(x,0,0)$ et l'intensité d'interférences en un point $M(x,0,0)$ situé sur l'axe (Ox) de l'écran, ainsi que l'interfrange dans les trois cas suivants :

- a- la source S est sur la médiatrice de S_1S_2 [c.-à-d.; $S \in (O'O)$];
- b- la source S est déplacée dans un plan parallèle à (E), d'une quantité x_s , parallèlement à Ox ;
- c- la source S est déplacée à partir de la position a) dans un plan parallèle à (E), d'une quantité y_s , parallèlement à Oy .

2-Vérifier que les différences de marche calculées dans les questions [1(a,b,c)] ne dépendent pas de l'abscisse y du point $M(x,y,0)$, c.-à-d. ; $\delta((x,y,0)) = \delta(x,0,0)$

3- La source est replacée sur la médiane de S_1S_2 ; on place devant le trou S_1 une lame de verre à faces parallèles, d'indice n et d'épaisseur e , parallèle à (P).

- a- Déterminer la nouvelle différence de marche δ' en M et la position de la frange centrale.
- b- On maintient la lame devant S et on place devant S_2 une autre lame à faces parallèles en verre d'inde n' et d'épaisseur e' . Calculer e' pour que la frange centrale revienne en O ; on donne : $e=420\mu\text{m}$; $n=1,50$; $n'=1,70$.



Exercice II : (Tiré de l'examen ordinaire 2015-16)

Un système de deux demi-lentilles de Billet (L_1 et L_2) est obtenu en coupant suivant un diamètre une lentille convergente (L) de centre O et de distance focale f . Les centres optiques sont écartés de $O_1O_2 = 1\text{mm}$. Le système est placé à 1m d'une fente fine F éclairée en lumière monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0.60\mu\text{m}$. la fente est disposée parallèlement à la coupure des deux lentilles. .

1°- Faire un schéma du dispositif. Indiquer la zone d'interférence située sur un écran (E) placé perpendiculairement à l'axe du système dans la zone d'interférence.

2°- Sachant que la relation de conjugaison d'une lentille, $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$, déterminer la position et l'écartement $2a = S'_1S'_2$ des images que le système donne de la source S .

3°- L'écran (E) est placé dans le champ d'interférence à 2m des demi-lentilles (L_1 et L_2).

a- Calculer la différence de marche en un point M du champ d'interférence.

b- Quelle est la forme des franges obtenues

c- Calculer l'interfrange i .

d- Calculer le nombre de franges brillantes observables sur l'écran (E).

4°- On utilise maintenant une source S de lumière blanche (on admettra que les longueurs d'onde visibles sont comprises entre $0.4\mu\text{m}$ et $0.8\mu\text{m}$). On enlève l'écran (E) et on dispose à sa place et parallèle aux franges, la fente d'entrée d'un spectroscopie à 1mm du centre de la figure d'interférence. Qu'observe-t-on sur le spectroscopie. Quelles sont les longueurs d'onde manquantes (cannelures).

Exercice III : Deux prismes identiques d'angle $A = 20^\circ (=0.0058\text{ rd})$, d'indice $n = 1.5$ supposé indépendant de la longueur d'onde, sont accolés par leur base commune. Ce biprisme est éclairé par une fente source S parallèle aux arêtes du biprisme, et on observe les phénomènes d'interférences sur un écran perpendiculaire à l'axe, à la distance $D = 2.25\text{m}$ du biprisme.

A- La source est à la distance finie $d_0 = 0.25\text{ m}$ du prisme.

1- On éclaire le dispositif en lumière monochromatique (raie verte du mercure) de longueur d'onde $\lambda = 5460\text{Å}$. Déterminer

a- la différence de marche en un point $M(x)$ de l'écran.

b- l'interfrange i

c- la largeur du champ d'interférence

d- le nombre de franges brillantes observées sur l'écran.

2- Déterminer l'intensité lumineuse $I(x)$ en M . Représenter $I(x)$

B- On déplace à partir de l'instant $t = 0$ la source vers la gauche à vitesse constante $v = 20\mu\text{m/s}$, le biprisme demeurant fixe. Le biprisme est éclairé par la même longueur d'onde $\lambda = 5460\text{Å}$.

3-a- Calculer, en un instant t , la différence de marche en un point $M(x)$ de l'écran.

b- Exprimer à l'instant t , la position x_k du $k^{\text{ème}}$ frange brillante

4- Récrire à l'instant t , l'expression de l'intensité lumineuse $I(x)$ en un point M .

5- On éclaire avec une lampe qui émet deux longueurs d'onde $\lambda_1 = 5000\text{Å}$ et $\lambda_2 = 6000\text{Å}$ de même intensité. A quelle instant t observe-t-on la première coïncidence entre deux franges brillantes à la distance $x = 1\text{mm}$.

$$\sin^2 i_B [1 - X] = \cos^2 i_B \left[-1 + \frac{1}{X^2} \right]$$

13

$$\sin^2 i_B \left[\frac{1-X}{X} \right] = \cos^2 i_B \left[\frac{1-X}{X^2} \right]$$

$$\frac{\sin^2 i_B}{\cos^2 i_B} = \frac{1}{X^2} \rightarrow \tan^2 i_B = \frac{1}{X^2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Série n°2

Rappel:

Le phénomène d'interférence et la superposition de 2 ondes électromagnétiques cohérentes: sin, de λ fr et le déphasage de l'une à l'autre reste constante par rapport au temps.

$$\vec{E}_1(M, t) = A_1 e^{i(\omega t)}, \quad \vec{E}_2(M, t) = A_2 e^{i(\omega t - \varphi(M))}$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} S \quad (S=0 \Rightarrow \text{frange centrale})$$

$$S: \text{différence de marche} = (\vec{E}_2 M) - (\vec{E}_1 M)$$

• Intensité lumineuse:

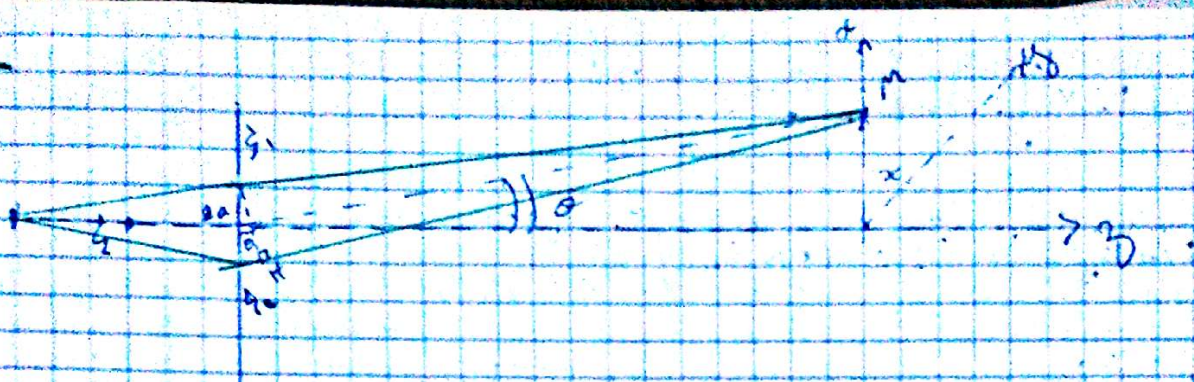
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi$$

$$I_1 \propto (E_1)^2 \quad (I_1 \propto E_1^2) \quad I_1 \propto E_1, \quad I_2 \propto E_2$$

• Ordre d'interférence: $p = \frac{S}{\lambda}$

interfrange = i = distance qui sépare 2 frange identiques successive.

• Exercice 1°



$$\begin{aligned} \delta &= (\xi M)_2 - (\xi M)_1 = (\xi_2 \xi + \xi_2 M) - (\xi_1 \xi + \xi_1 M) \\ &= (\xi_2 \xi - \xi_1 \xi) + (\xi_2 M - \xi_1 M) = \xi_2 M - \xi_1 M \end{aligned}$$

D'où $\delta = \xi_2 H$ $= \xi_2 H + (HM - \xi_1 M)$

$$D \gg 2a \quad ; \quad d \gg 2a \Rightarrow \theta \approx 0$$

$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta$$

$$\tan \theta = \frac{x}{D} \approx \theta \quad ; \quad \sin \theta = \frac{\delta}{2a} \approx \theta$$

$$\frac{x}{D} = \frac{\delta}{2a} \Rightarrow$$

$$\delta = \frac{2ax}{D}$$

$$* \quad I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \varphi \quad \text{or } I_1 = I_2 = I_0$$

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta$$

$$I = 2I_0 (1 + \cos \varphi) = 4I_0 \cos^2(\varphi/2)$$

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda} \frac{2ax}{D}\right)$$

(2010 2011)

* frange brillantes: $I = 4I_0 \Rightarrow \cos^2 \frac{\varphi}{2} = 1$

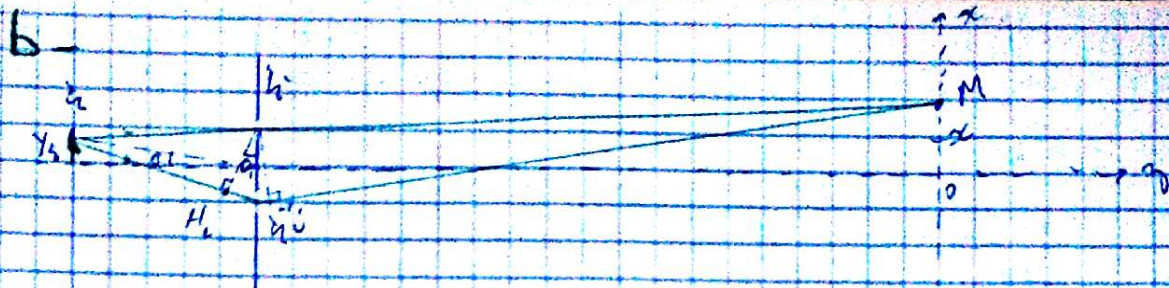
$$\frac{2a \pi x}{\lambda D} = K\pi \Rightarrow K = \frac{2ax}{\lambda D} \quad \frac{\varphi}{2} = K\pi$$

$$x_K = \frac{K \lambda D}{2a}$$

$$x_K = \frac{\lambda D}{2a} K$$

$$i = x_{K+1} - x_K$$

$$\Rightarrow i = \lambda D / 2a$$



$$S = (\xi M)_2 - (\xi M)_1 = (\xi \xi_2 + \xi_2 M) - (\xi \xi_1 + \xi_1 M) \\ = \xi H_2 - H_2 \xi_2 + (\xi \xi_2 - \xi \xi_1) + (\xi_2 M - \xi_1 M) \\ \xrightarrow{\quad} S = \frac{2ax}{D}$$

$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta$$

$$\frac{x_1}{d} = \frac{S'}{2a} \Rightarrow S' = \frac{2ax_1}{d}$$

$$S_2 = 2a \left[\frac{x_2}{d} + \frac{x}{D} \right]$$

L'intensité: $I = 4I_0 \cos^2(\phi/2)$ avec $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} S$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} 2a \left(\frac{x_2}{d} + \frac{x}{D} \right)$$

$$I = 4I_0 \cos^2 \frac{2a\pi}{\lambda} \left(\frac{x_2}{d} + \frac{x}{D} \right)$$

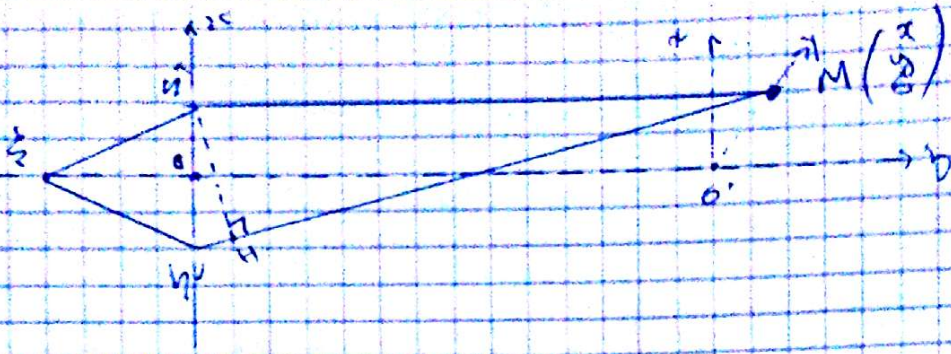
franges brillantes: $I = 4I_0 \Rightarrow \cos^2 \phi/2 = 1$

$$\Rightarrow \frac{d}{2} = K\pi \Rightarrow \frac{2\pi a}{\lambda} \left(\frac{x_2}{d} + \frac{x}{D} \right) = K\pi$$

$$\Rightarrow i = x_{k+1} - x_k = \frac{\lambda D}{2a} \quad \frac{KDK\lambda}{2a} - \frac{DK\lambda}{2a} = \lambda$$

pas de changement $\int$ à la question a.

Donc $S = \frac{2ax}{D}$ car $\xi \xi_1 = \xi \xi_2$



$$O\vec{\xi}_1 = \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S = (\vec{\xi}_2 M - \vec{\xi}_1 M)$$

$$S = (\vec{\xi}_2 O + OO' + OM) - (\vec{\xi}_1 O + OO' + OM)$$

$$\vec{\xi}_2 O = \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} ; OO' = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} ; \vec{\xi}_1 O = \begin{pmatrix} -a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$OM = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$S = \sqrt{(x+a)^2 + y^2 + 0^2} - \sqrt{(x-a)^2 + y^2 + 0^2}$$

$$= D \left[\sqrt{1 + \frac{(x+a)^2 + y^2}{D^2}} - \sqrt{1 + \frac{(x-a)^2 + y^2}{D^2}} \right]$$

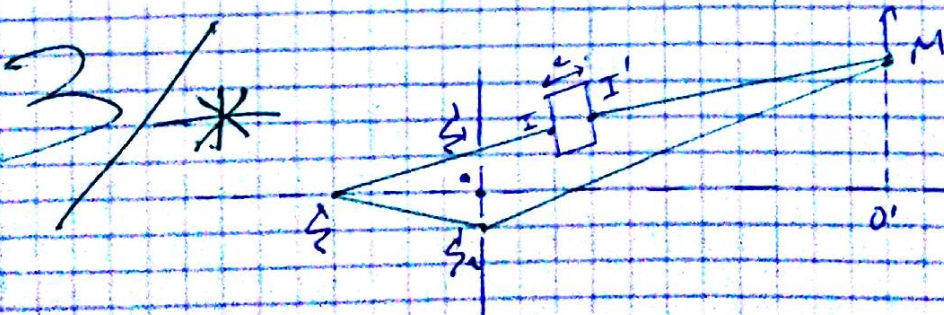
var(D) >>>

$$S = \frac{(x+a)^2 - (x-a)^2}{2D} \left[(1+x)^n \approx 1 + nx \right] n = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow S = \frac{2ax}{D} \text{ donc } S \text{ est indépendant de } y,$$

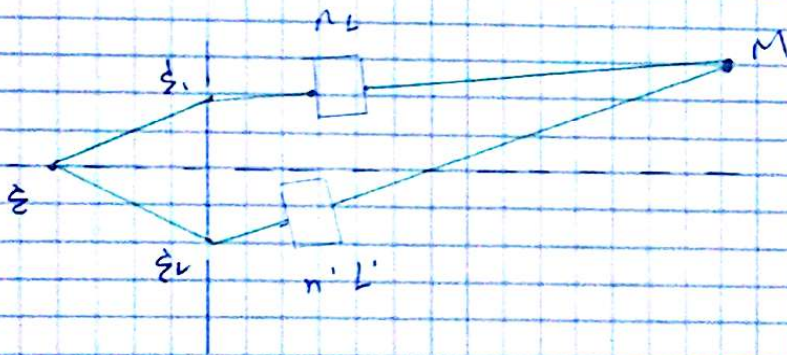
$$b. S(x, y, 0) = 2a \left(\frac{x}{D} + \frac{x_0}{d} \right)$$

$$c. \text{ pas de changement } S(x, y, 0) = \frac{2ax}{D}$$



$$\begin{aligned}
 \delta &= (\xi_1 M) - (\xi_2 M) \\
 &= (\xi_1 I + (II')_L + I'M) - (\xi_2 M) \\
 &= \xi_1 I + (II')_{air} + (II')_L + (I'M) - (II')_{air} - (\xi_2 M) \\
 &= \xi_1 I + (II')_{air} + (I'M) - (\xi_2 M) + (II')_L - (II')_{air} \\
 &= (\xi_1 M) - (\xi_2 M) + (II')_L - (II')_{air} \\
 &= \frac{2ax}{D} + ne - e \Rightarrow \boxed{\delta = \frac{2ax}{D} + e(n-1)}
 \end{aligned}$$

b/-



$$\delta = \frac{2ax}{D} + e(n-1) - e'(n'-1)$$

Frangé central $\delta = 0$

en plus en 0 $\Rightarrow x = 0$

$$0 = 0 + e(n-1) - e'(n'-1) \Rightarrow e(n-1) = e'(n'-1)$$

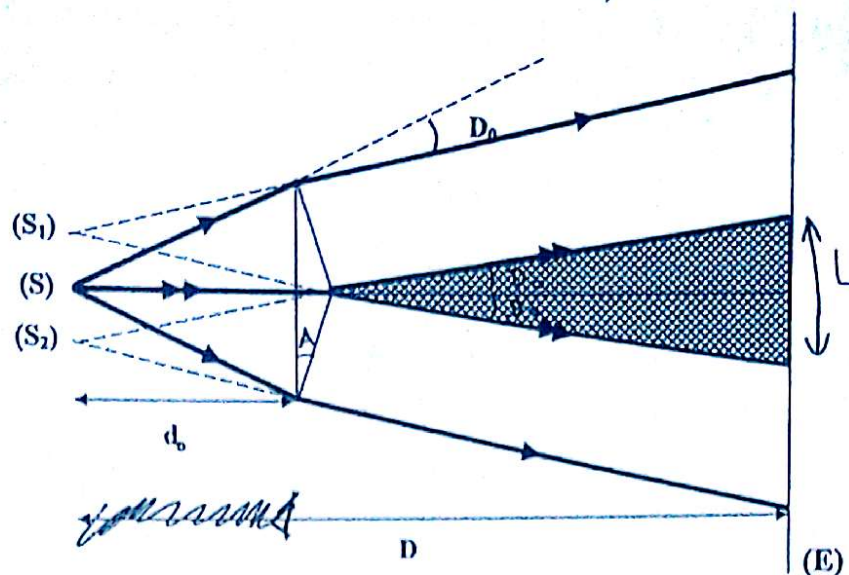
$$e' = e \frac{(n-1)}{n'-1} \approx 300 \mu m$$

Exercice 11:

A.1.a:

(Série n° 2 Optique Physique (4)

SMN - 54)



Différence de marche : $\delta = \frac{(S_1 S_2)}{d_0 + D} x$

avec $(S_1 S_2) = 2d_0 A(n-1)$

$$\Rightarrow \delta = \frac{2d_0 A(n-1)}{d_0 + D} x$$

b° L'interfrange : $i = \frac{\lambda(d_0 + D)}{2d_0(n-1)A}$

A.N : $i = 0,941 \text{ mm}$

c° Largeur du champ d'interférence : $L = 2DA(n-1)$

A.N : $L = 14,5 \text{ mm} = 1,45 \text{ cm}$

d° Nombre de franges brillantes observées sur l'écran (E) :

soit : $N = \frac{L}{i} = 15,40 \Rightarrow$ nbre de franges brillantes est 15

2° L'intensité lumineuse $I(x)$:

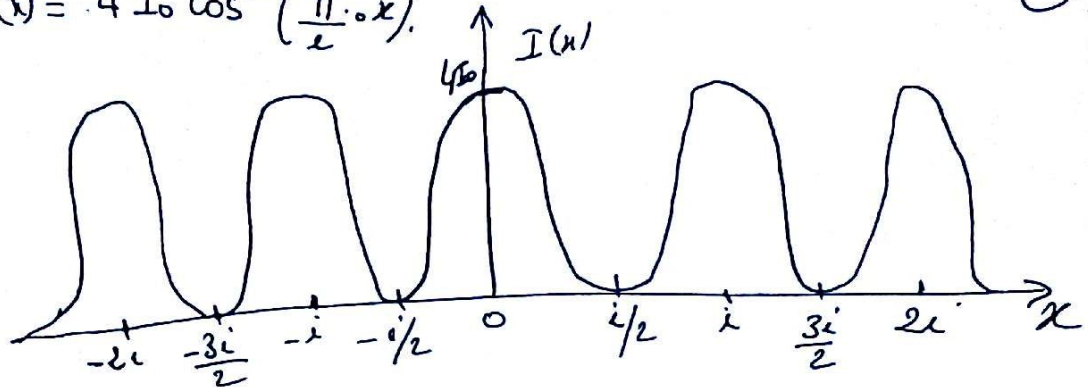
$$I(x) = 4 I_0 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

avec $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{2d_0 A(n-1)}{d_0 + D} x$

ou $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} x$

$$I(x) = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi \cdot x}{\lambda} \right)$$

(5)



B°-3a°- La différence de marche : $S = \frac{(S_1 S_2)_t \cdot x}{(d(t) + D)}$

avec $(S_1 S_2)_t = 2d(t)A(n-1) = 2 \cdot (d_0 + v \cdot t)A(n-1)$

et $d(t) = d_0 + v \cdot t$

$$S = \frac{2(d_0 + v \cdot t)A(n-1)}{d_0 + D + v \cdot t} x$$

b°- Frange brillante d'ordre $k \Rightarrow S = k \cdot \lambda$

$$x_k = k \cdot \lambda(t) = k \cdot \frac{\lambda(d_0 + D + v \cdot t)}{2(d_0 + v \cdot t)A(n-1)}$$

4°/ l'intensité au point $I(x)$ à l'instant t :

$$I(x) = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{\phi}{2} \right) \text{ avec } \phi(t) = \frac{2\pi}{\lambda(t)} \cdot x$$

$$I(x) = 4 I_0 \cos^2 \left(\frac{\pi}{\lambda(t)} \cdot x \right)$$

5°/ on a une coïncidence de deux franges brillantes associées
 respectivement à $\lambda_1 = 0,5 \mu\text{m}$ et $\lambda_2 = 0,6 \mu\text{m}$

⑥

$$\Rightarrow \bar{\lambda} \text{ La distance } x = k_1 i_1(t) = k_2 i_2(t) \Rightarrow k_1 \lambda_1 = k_2 \lambda_2$$

$$\Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{k_2}{k_1} \Rightarrow \text{1ère coïncidence } \frac{k_2}{k_1} = \frac{5}{6} \Rightarrow \underline{\underline{k_1 = 6 \text{ et } k_2 = 5}}$$

$$\text{Ainsi } x = k_1 i_1 = 6 i_1 = k_2 i_2 = 5 i_2$$

$$\Rightarrow (2x d_0 + 2x v t) A(n-1) = 6 \lambda_1 (d_0 + D) + 6 \lambda_1 v t$$

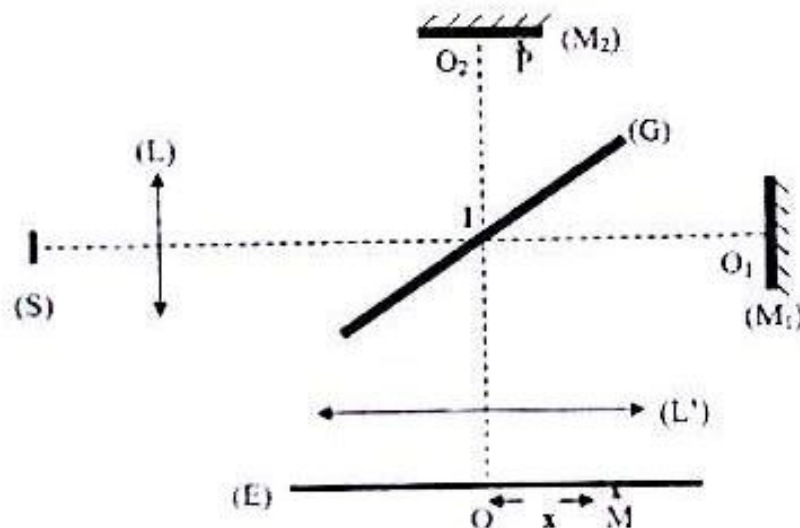
$$\Rightarrow t(2x v A(n-1) - 6 \lambda_1 v) = 6 \lambda_1 (d_0 + D) - 2x d_0 A(n-1)$$

$$\Rightarrow \boxed{t = \frac{d_0}{v} \frac{6 \lambda_1 - 2x A(n-1)}{2x A(n-1) - 6 \lambda_1}}$$

$$\underline{\text{A.N.}}: \boxed{t = 108,0 \cdot 10^{-9} \approx 1,8 \text{ ns}}$$

TD d'Optique Physique
 Série n° 3

Exercice 1 : L'interféromètre de Michelson est constitué d'une source S placée devant un collimateur (L) et proche du foyer objet de (L) , de deux miroirs plans (M_1) et (M_2) dont les plans sont initialement orthogonaux, avec $IO_1=IO_2$ et d'une lame séparatrice semi-transparente (G) inclinée de 45° du faisceau incident. La lame (G) partage le faisceau incident en un faisceau dirigé vers le miroir (M_1) et un autre dirigé vers le miroir (M_2) . Les déphasages dus à la traversée de la séparatrice (G) ne seront pas pris en compte, car ils sont compensés par une lame compensatrice non représentée sur la figure. Les faisceaux réfléchis sont focalisés par l'objectif (L') (lentille convergente) de distance focale $f=1\text{m}$.



La source S est monochromatique de longueur d'onde $\lambda=5086 \text{ \AA}$ (raie verte du cadmium)

A- Les plans des deux miroirs (M_1) et (M_2) sont supposés initialement orthogonaux. On déplace le miroir (M_1) parallèlement à lui-même de la quantité d , soit $IO_1=IO_2+d$; on observe les franges sur l'écran (E) disposé dans le plan focal image de (L') ; on donne $d=7629\mu\text{m}$.

1-a- Montrer que tout se passe comme si on avait au voisinage de (M_2) une lame d'air à faces planes et parallèles (M_2, M'_1) [M'_1] est l'image de (M_1) par rapport à (G)].

b- Quelle est la forme de franges d'interférence. Calculer l'intensité $I(x)$ sur cet écran en fonction de la distance x ($OM=x$).

c- Calculer l'ordre d'interférence p_0 au centre O ainsi que le rayon des trois premières franges sombres observées sur l'écran (E) .

2- On insère sur le trajet IO_1 de la lumière une très mince lame de mica 11 d'indice de réfraction $n=1.52$ et d'épaisseur e constante inconnue, disposée parallèlement au miroir M_1 . On observe le défilement de 18 franges sur l'écran (E) . Calculer e .

B- On place la source (S) au foyer objet de la lentille (L₁) et on fait tourner le miroir (M₁) d'un petit angle θ autour d'un axe perpendiculaire au plan de la figure, avec $IO_1 = IO_2$, ($d=0$), on observe des franges sur l'écran (E) placé dans le plan conjugué de (M₂) par rapport à (L₁).

1- On considère un point P du miroir (M₂), repéré par l'abscisse $X = O_2P$ déterminer la forme des franges et exprimer l'intensité lumineuses $I(X)$ en P. Calculer l'interfrange.

2- On observe sur l'écran (E), $N=12$ franges sombres, les extrémités de l'image du miroir correspondent à des maxima d'intensité. Sachant que le diamètre des miroirs est $D=20\text{mm}$, calculer l'angle θ .

Exercice II :

On utilise le dispositif de formation des anneaux de Newton en posant une lentille plan convexe (L1) de rayon de courbure $R=4\text{m}$ sur la face d'une lentille plane (L2). La lame d'air ainsi formée est éclairée normalement par un faisceau de rayons parallèles de lumière monochromatique, de longueur d'onde $\lambda=0,5\mu\text{m}$.

- 1- Calculer la différence de marche entre les faisceaux réfléchis par la première face sphérique et la seconde face plane en fonction de l'abscisse du point d'incidence et du rayon R.
- 2- Calculer le rayon du 3^{ème} anneau sombre.
- 3- Déterminer la distance du centre à la quelle on observe la disparition des anneaux lorsque la lumière est celle du doublet de sodium ($\lambda_1=0,5890\mu\text{m}$ et $\lambda_2=0,5896\mu\text{m}$)

Exercice III :

1- Préciser le type de montage optique permettant d'observer la diffraction optique à l'infini par une fente fine de largeur a et de hauteur $b \gg a$.

2- Calculer l'intensité lumineuse $I(\theta)$ de l'onde dans la direction faisant un angle θ avec l'axe du système.

3- Tracer $I(\theta)$ et donner ses valeurs caractéristiques.

A.N On éclaire une fente de largeur $a=0,1\text{mm}$ avec un laser HeNe ($\lambda=632,8\text{nm}$). On souhaite avoir une tache de diffraction de 6mm sur un écran. Quelle distance focale de la lentille faut-il prendre ?

4- La hauteur h de la fente n'est plus très supérieure à a ; par exemple $h = 2a$, qu'observe-t-on ?

Exercice IV : A- On considère deux fentes identiques, centrées en O_1 et O_2 , chacune de largeur a et séparées d'une distance b (fentes de Young) éclairées en lumière parallèle.

1- Calculer le déphasage par rapport à O de l'onde diffractée dans la direction θ passant par la fente O_1 .

2- Calculer l'amplitude totale de l'onde issue des fentes O_1 et O_2 dans la direction θ .

3- Calculer l'intensité diffractée par deux fentes. Représenter sommairement la courbe.

B- On considère trois fentes diffractantes identiques disposées dans le plan xOy . Reprendre la même étude qu'en A [On rappelle que $1+2\cos(2\alpha) = (\sin(3\alpha))/(\sin(\alpha))$]

Série N°3 d'optique Physique STP/S4

2016-2017 (BPAIA)

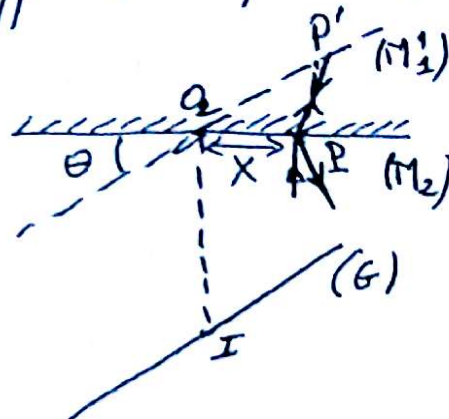
Suite de l'exercice I:

B/ (M_1) est tourné d'un angle θ autour de l'axe perpendiculaire au plan de la figure $\Rightarrow$ L'interféromètre est équivalent à un coin d'air compris entre (M_2) et (M'_1) d'angle θ , où (M'_1) est l'image du miroir (M_1) par rapport à la séparatrice (G) .

La différence de marche S au pt I de (M_2)

$$\text{est: } S = 2PP' + \frac{\lambda}{2} = 2X \tan \theta + \frac{\lambda}{2}$$

$$S \approx 2X\theta + \frac{\lambda}{2}$$



Les franges sont localisées à l'intersection des rayons réfléchis sur (M_2) et (M'_1) correspond à un même angle d'incidence, donc (M_2) et (M'_1) correspondent à un même angle d'incidence, donc sont localisées sur le miroir (M_1)

Franges $\Rightarrow I(P) = \text{cte} \Rightarrow f = \text{cte} \Rightarrow X = \text{cte} \Rightarrow$

Les franges sont des droites parallèles à l'arête du coin d'air formé par (M_2) et (M'_1) et observables sur le plan (E) conjugué de (M_2) par rapport à (L') .

(2)

$$L' \text{ intensité } I(\theta) \equiv I(X) = I_0 \left[1 - \cos \left(\frac{4\pi}{N} \theta X \right) \right]$$

$$\Rightarrow \text{L'interfrange } \underline{\Delta X} \text{ correspond à } |D_p| = 1 \Rightarrow \Delta X = \frac{\lambda}{2\theta}.$$

2°) Le miroir de diamètre D contient $N=12$ interfranges.
 Les franges rectilignes d'égale épaisseur ont pour
 interfrange $\Delta X = \frac{D}{N} \Rightarrow \theta = \frac{\lambda}{2\Delta X}$ où $\theta = \frac{\lambda N}{2D}$.

$$A.N: \theta = 4,526 \cdot 10^{-4} \text{ rad}$$

$$\theta \approx 31,5^\circ \text{ ou } (1^\circ = 60').$$

3

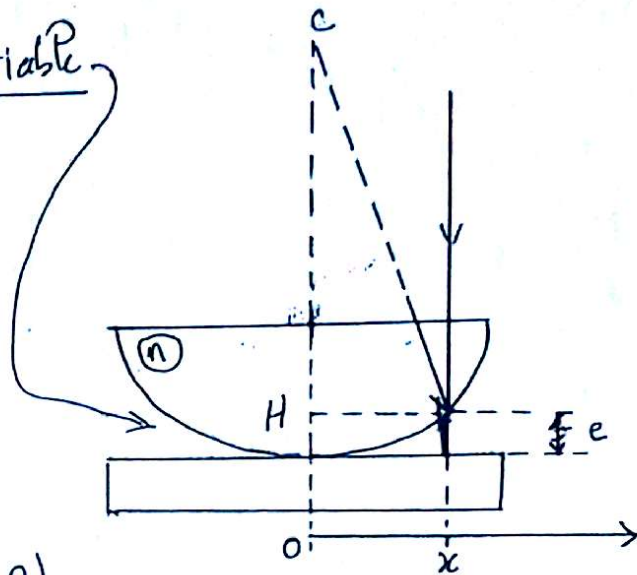
4/ La différence de marche :

$$S = 2e + 1/2$$

avec $(CH)^2 + r^2 = R^2$

$$\Rightarrow (\hat{R}-e)^2 + x^2 = R^2$$

$$\Rightarrow e \approx \frac{x^2}{2R} \quad (e \ll R)$$



$$\Rightarrow \delta = \frac{x^2}{R} + \frac{1}{2}$$

29) Position du 3^{ème} anneau nombre (A.S).

$$(AS) \Rightarrow \delta = \left(R + \frac{1}{2}\right) \Delta = R \Delta + \frac{\Delta}{2} = \frac{x_R^2}{R} + \Delta/2$$

$$\Rightarrow x_k^2 = R \perp R \Rightarrow x_R = \sqrt{R \perp R} : \underline{A.N} \quad | \quad x_3 = \sqrt{6} = 2,45 \text{ mm}$$

3°) on a une disparition de anneaux $\Rightarrow$ une antio'cidence.

$$\alpha \gamma_1 \longrightarrow \delta_1 = 2e_1 + \frac{\gamma_1}{2} = R_1 d_1 + \frac{\gamma_1}{2} \text{ (Ancien nombre } (d_1))$$

$$\hat{a} \quad d_2 \rightarrow s_2 = 2e_2 + \frac{d_2}{2} \therefore = R_2 d_2 + d_2/2 \text{ (Anneau quotient } (d_2))$$

à l'antiréflexion: $e_1 = e_2 = e \Rightarrow \frac{S_1}{n_1} - \frac{S_2}{n_2} = 2e \left(\frac{1}{n_1} - \frac{1}{n_2} \right) = \frac{p}{n_1} - \frac{p}{n_2} + \frac{1}{2}$
 $\Rightarrow 2e = \left(N + \frac{1}{2} \right) \frac{n_1 n_2}{n_1 - n_2}$

$$\Rightarrow \Delta e = \left(N + \frac{1}{2}\right) \frac{d_1 d_2}{|d_1 - d_2|}$$

1ère antinœud : $N=0$ avec $\chi_{k_1}^{(A.S)} = \sqrt{k_1 d R} = \sqrt{2eR}$

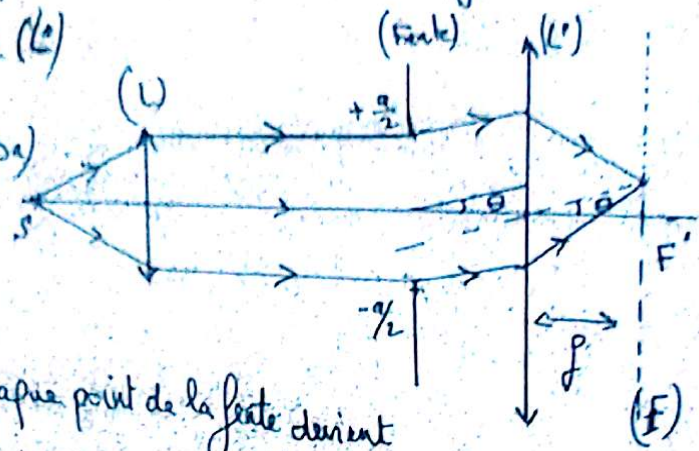
$\Rightarrow$ Position de la première antiréflexion: $x_{R,1} = \sqrt{\frac{I_1 I_2}{|n_1 - n_2|} R} \cdot \frac{\lambda}{4} \quad \boxed{x_{R,1} = 34,02 \text{ mm}}$

TD Optique Physique (SY) (3HP) 1ère
Dr BRESA

Exercice III:

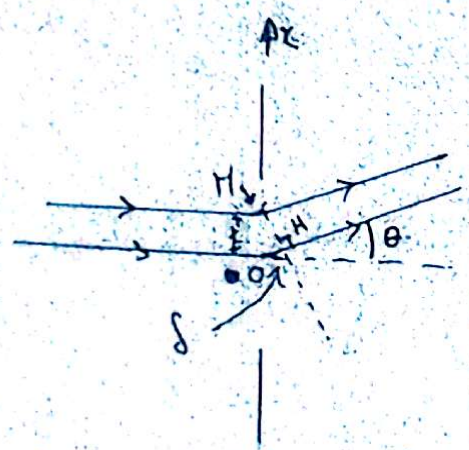
1° Montage de diffraction:

Dans la diffraction à l'infini, la fente est éclairée en lumière parallèle.
 L'observation de la figure de diffraction dans une direction θ se fait dans le plan focal d'une lentille mince (L')



Si la fente est considérée comme fine (h.s.s.a)
 le problème se ramène à un problème plan.

2° Principe de Huygens-Fresnel $\Rightarrow$ chaque point de la fente devient une source secondaire envoyant des ondes déphasées avec un déphasage fonction de l'abscisse x du point de la fente source ($-\frac{a}{2} \leq x \leq \frac{a}{2}$)



La différence de marche $\delta = OH = x \sin \theta$
 La différence de phase $\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = k \delta = k x \sin \theta$

L'amplitude résultante dans la direction θ s'écrit avec le principe de Huygens-Fresnel:

$$A = \int_{-a/2}^{a/2} e^{ikx} dx = a_0 \int_{-a/2}^{a/2} e^{ikx \sin \theta} dx$$

Rq: si la pupille diffractante (fente) est caractérisée par une fonction de transparence $T(x)$, on écrit:

$$A = \int_{-a/2}^{a/2} T(x) e^{ikx \sin \theta} dx$$

- L'amplitude de diffraction à l'infini apparaît comme la transformée de Fourier de la fonction diffractante avec comme variable $x, \sin \theta$

$$k \rightarrow \frac{\sin \theta}{\lambda} \quad (\text{avec } k = \frac{2\pi}{\lambda})$$

l'amplitude $A = a_0 \cdot \frac{1}{\pi \sin \theta} \left[e^{i\pi a \sin \theta / \lambda} - e^{-i\pi a \sin \theta / \lambda} \right]$

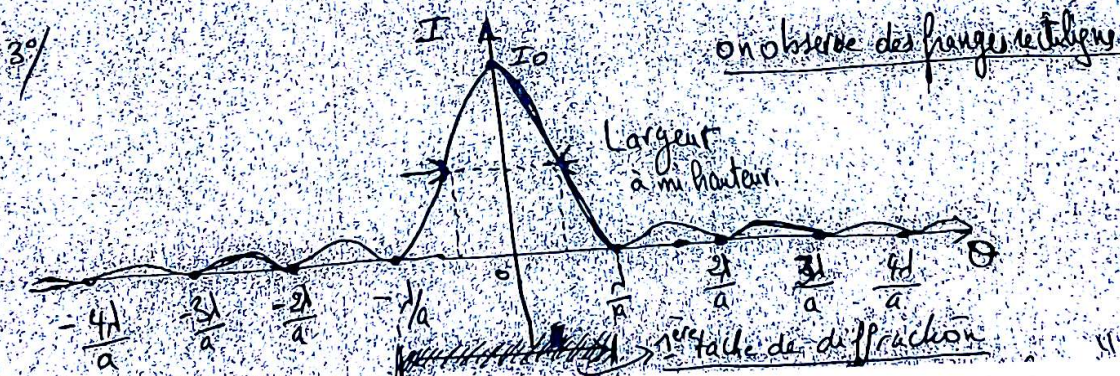
$$A = a_0 \cdot a \left[\frac{e^{i\pi a \sin \theta / \lambda} - e^{-i\pi a \sin \theta / \lambda}}{i(\pi \cdot a \cdot \sin \theta / \lambda)} \right]$$

$$A = 2a_0 \cdot a \frac{\sin(\pi a \sin \theta / \lambda)}{\pi a \sin \theta / \lambda} = A_0 \text{sinc}\left(\pi a \frac{\sin \theta}{\lambda}\right)$$

(sinus cardinal)

A_0 est l'amplitude diffractée obtenue en F' de l'axe (E)

l'intensité $I = A \cdot A^* = \frac{A_0^2}{\lambda^2} \text{sinc}^2\left(\pi a \frac{\sin \theta}{\lambda}\right) = I_0 \text{sinc}^2(\quad)$



la tache de diffraction, située dans le plan focal de la lentille, a une

largeur x , telle que $\sin \theta \approx \theta \approx \frac{x/2}{f} = \lambda/a \Rightarrow x = 2 \frac{\lambda}{a} \cdot f$

A.N: $x = 6 \text{ mm} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}$

$a = 0,1 \text{ mm} = 10^{-4} \text{ m}$

$\lambda \approx 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

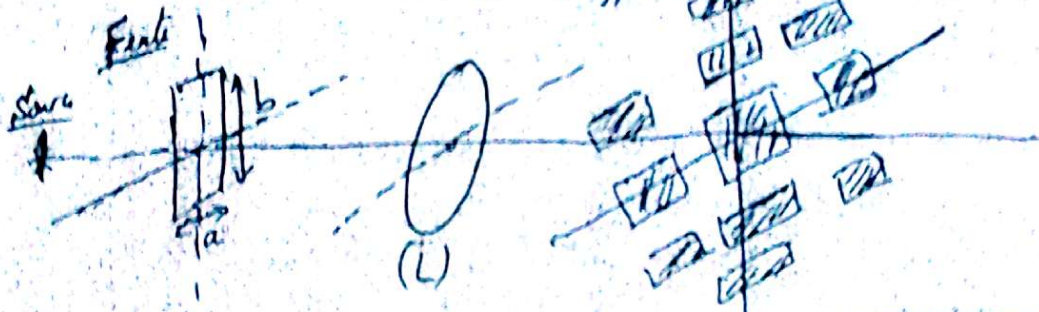
$\Rightarrow f \approx 50 \text{ cm}$

Fautatif.

6

40/ Diffraction par une ouverture rectangulaire $(a \times b)$ avec $b = 2a$:

→ on observe le même phénomène de diffraction dans la direction perpendiculaire



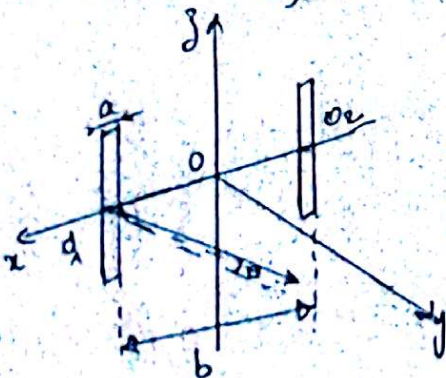
on va voir un "quadric" (sic)

Exercice III:

$$\frac{I}{I_0} = \text{sinc}^2\left(\pi a \frac{\sin \theta}{\lambda}\right) \text{sinc}^2\left(\pi b \frac{\sin \theta}{\lambda}\right)$$

θ et θ angles de diffraction dans les 2 directions perpendiculaires

Exercice III: Diffraction par N fentes décalées.



→ origine de phase θ en O

→ l'onde passant par O_1 diffractée dans la direction θ présente la différence de marche

$$\delta_1 = \frac{b}{2} \sin \theta \rightarrow \phi_1 = k \delta_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{b}{2} \sin \theta$$

→ l'onde passant par O_2 présente la différence de marche $\delta_2 = -\frac{b}{2} \sin \theta$

l'amplitude totale dans la direction θ des 2 ondes est:

$$A(\theta) = a_0 e^{i\phi_1} + a_0 e^{i\phi_2} = 2 a_0 \cos\left(k \frac{b}{2} \sin \theta\right)$$

d'où l'intensité $I(\theta) = 4 a_0 a_0^* \cos^2\left(k \frac{b}{2} \sin \theta\right)$

Faultahf.

Correction de l'exercice N° IV de la série 3.
Optique physique (S4) (BRSA)

④

2016-17

Exercice IV:

A-1. - En prenant l'origine des phases en O:

- Le déphasage de l'onde diffractée selon la direction θ et passant par la fente O_1 s'écrit:

$$\varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda} \delta_1 \text{ où } \delta_1 = \frac{b}{2} \sin \theta$$

$$\text{ou } \boxed{\varphi_1 = k \cdot \frac{b}{2} \sin \theta} \text{ où } k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

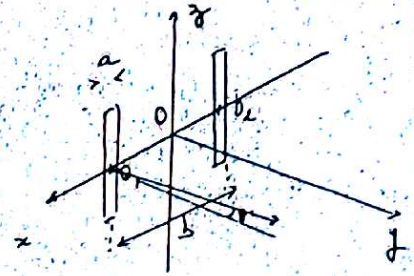
- Le déphasage de l'onde diffractée selon la direction θ et passant par le point O_2 s'écrit $\boxed{\varphi_2 = -k \frac{b}{2} \sin \theta} = k \delta_2$

2°/ L'amplitude totale dans la direction θ des deux ondes passant O_1 et O_2 s'écrit:

$$A(\theta) = A_1(\theta) + A_2(\theta) = A_1(\theta) e^{i k \delta_1} + A_2(\theta) e^{i k \delta_2}$$

avec $A_1(\theta) = A_2(\theta) = A(\theta)$ = Amplitude de l'onde diffractée par une fente seule

$$\Rightarrow \boxed{A(\theta) = 2 A(\theta) \cos\left(k \frac{b}{2} \sin \theta\right)}$$

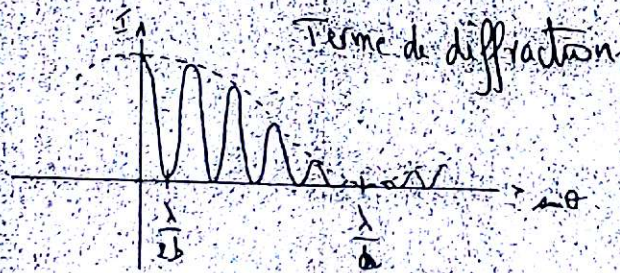


3°) L'intensité diffractée dans la direction θ s'écrit :

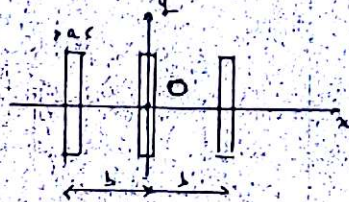
$$I_2(\theta) = 4 D(\theta) D^*(\theta) \cos^2 \left(k \frac{b}{2} \sin \theta \right)$$

$$\text{ou } D(\theta) \times D^*(\theta) = I_0 \left[\frac{\sin \left(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda} \right)}{\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}} \right]^2 = I_0 \frac{\sin^2 \left(\frac{k a}{2} \sin \theta \right)}{\left(\frac{k a}{2} \sin \theta \right)^2}$$

$$\Rightarrow I_2(\theta) = 4 I_0 \underbrace{\frac{\sin^2 \left(\frac{k a}{2} \sin \theta \right)}{\left(\frac{k a}{2} \sin \theta \right)^2}}_{\text{Terme de diffraction}} \underbrace{\cos^2 \left(\frac{k b}{2} \sin \theta \right)}_{\text{Terme d'interférence}}$$



B) Avec trois fentes diffractantes identiques et décalées $\xrightarrow{\text{de } b}$ m. problème
 $\rightarrow$ origine des phases en 0



$$A(\theta) = A_1(\theta) + A_2(\theta) + A_3(\theta)$$

$$A(\theta) = D(\theta) \left\{ e^{i k b \sin \theta} + e^{i 0} + e^{-i k b \sin \theta} \right\}$$

$$A(\theta) = D(\theta) \left\{ 1 + 2 \cos(k b \sin \theta) \right\}$$

avec $1 + 2 \cos 2\alpha = \frac{\sin 3\alpha}{\sin \alpha}$

L'intensité diffractée par 3 fentes : $I_3(\theta) = D(\theta) D^*(\theta) \left[\frac{\sin^2 \frac{3}{2} k b \sin \theta}{\sin^2 \frac{k b}{2} \sin \theta} \right]$

9

avec $I(\theta) I^*(\theta) = I_0 \frac{\sin^2\left(\frac{k a}{2} \sin \theta\right)}{\left(\frac{k a}{2} \sin \theta\right)^2}$

$$\Rightarrow \frac{I}{I_0} = \frac{\sin^2\left(\frac{k a}{2} \sin \theta\right)}{\left(\frac{k a}{2} \sin \theta\right)^2} \cdot \frac{\sin^2\left(\frac{3 k b}{2} \sin \theta\right)}{\sin^2\left(\frac{k b}{2} \sin \theta\right)}$$

On peut généraliser à N fentes en remarquant que :

$$\frac{\sin 5\alpha}{\sin \alpha} = 1 + 2 \cos 2\alpha + 2 \cos 4\alpha$$

$$\frac{\sin 6\alpha}{\sin \alpha} = 1 + 2 \cos 2\alpha + 2 \cos 4\alpha + 2 \cos 6\alpha$$

$$\frac{\sin N\alpha}{\sin \alpha} = 1 + 2 \cos 2\alpha + 2 \cos 4\alpha + \dots + 2 \cos (N-1)\alpha$$

$$I_N = I(\theta) I^*(\theta) \frac{\sin^2\left(N \frac{k b}{2} \sin \theta\right)}{\sin^2\left(\frac{k b}{2} \sin \theta\right)}$$

$$\Rightarrow I_N = I_0 \underbrace{\frac{\sin^2\left(N \frac{k b}{2} \sin \theta\right)}{\sin^2\left(\frac{k b}{2} \sin \theta\right)}}_{\text{Interférence}} \cdot \underbrace{\frac{\sin^2\left(\frac{k a}{2} \sin \theta\right)}{\left(\frac{k a}{2} \sin \theta\right)^2}}_{\text{Diffraction}}$$